10.22092/sppi.2020.122884

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۶، شماره ۱، سال ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

اثر آرایش‌کاشت بر عملکرد علوفه، پروتئین و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک تاج‌خروس علوفه‌ای (*Amaranthus hypocondriacus*) در شرایط آب‌وهوایی گرگان

Effect of Planting Arrangement on Forage Yield, Protein Content and Some Morpho-physiological Characteristics of Forage Amaranth (*Amaranthus hypocondriacus*) Under Gorgan Environmental Conditions

محمدتقی فیض بخش[۱]، حسن مختارپور[۲]، عبدالامیر راهنما[۳] و امیررضا صفایی[۴]

۱و۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
۳-دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴- استادیار، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۱/۲۵

چکیده

فیض بخش، م. ت.، مختار پور، ح.، راهنما، ع. ا. و صفایی، ا. ر. ۱۳۹۹. اثر آرایش کاشت بر عملکرد علوفه، پروتئین و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک تاج‌خروس علوفه‌ای (*Amaranthus hypocondriacus*) در شرایط آب‌وهوایی گرگان. **مجله نهال و بذر ۳۶:** ۸۵- ۷۱.

افزایش عملکرد در گیاهان زراعی مستلزم شناخت روش‌های مدیریتی مناسب و از جمله تعیین آرایش کاشت مناسب می‌باشد. به منظور بررسی اثر آرایش کاشت بر عملکرد کمی و کیفیت علوفه و برخی صفات مورفولوژیک تاج‌خروس علوفه‌ای آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول فاصله بین ردیف‌های کاشت (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتیمتر) و عامل دوم فاصله بوته‌ها روی ردیف (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتیمتر) بود. نتایج نشان داد که اثر فاصله بوته‌ها روی ردیف و اثر متقابل فاصله بین ردیف‌ها × فاصله بین بوته‌ها بر روی کلیه صفات مورد بررسی (ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، نسبت برگ به ساقه و عملکرد پروتئین) معنی‌دار بود. فاصله بین ردیف‌ها بر کلیه صفات بجز نسبت برگ به ساقه معنی‌دار بود. با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش‌ها، برش‌دهی اثر متقابل صورت گرفت تا در هر فاصله بین ردیف، فاصله بین بوته‌ها روی ردیف مناسب مشخص شود. در تیمارهای برتر (آرایش کاشت‌های۳۰ × ۳۰ ، ۵ × ۱۰، ۴۵ × ۵ و۶۰ ×۵ سانتیمتر) بیشینه عملکرد پروتئین و علوفه خشک به ترتیب در دامنه ۸۹۶ تا ۹۵۶ کیلوگرم در هکتار و ۸/۰۵ تا ۷/۷ تن در هکتار تغییرات نشان داد. بر این اساس به منظور حصول بیشینه عملکرد علوفه تر، علوفه خشک و پروتئین پیشنهاد می‌شود در صورتی که فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتیمتر باشد، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰-۵ سانتیمتر (معادل تراکم بوته به ترتیب ۶۶/۶ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شود. در صورتی که فاصله بین ردیف‌ها ۴۵ و ۶۰ سانتیمتر باشد فاصله بوته‌ها روی ردیف بایستی پنج سانتیمتر (تراکم بوته به ترتیب ۴۴/۴ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع) باشد. نتایج کلی این آزمایش نشان داد که آرایش کاشت‌های مناسب تاج خروس علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی گرگان۳۰ × ۳۰، ۵ × ۱۰، ۴۵ × ۵ و۶۰ × ۵ سانتیمتر است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تراکم بوته، علوفه تر، قطر ساقه، نسبت برگ به ساقه

نگارنده مسئول: feyz_54@yahoo.com تلفن: ۰۱۷۳۲۱۵۰۰۶۹

مقدمه

تاج‌خروس با نام علمی *Amaranthus spp.* از خانواده Amaranthaceae است و به سه صورت دانه‌ای، علوفه‌ای و سبزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Aynehband *et al.,* 2007). کشت تاج‌خروس در بعضی از کشورها کماکان رواج دارد و در ۱۵ سال گذشته پژوهشگران، کشاورزان و تولیدکنندگان غذا برای اجرای پروژه‌های مفید و جامع، وقت و هزینه کافی به این گیاه اختصاص داده‌اند (Mehrani and Moghaddam, 2014).

خصوصیات مطلوب تاج خروس مانند سرعت رشد رویشی زیاد در ماه‌های گرم سال، بهره‌وری مؤثر از آب و داشتن سطح بالای پروتئین در دانه و علوفه، این گیاه را به عنوان یک گیاه با ارزش علوفه‌ای مطرح نموده است (Moshaver *et al*., 2015). تاج‌خروس گیاهی است که مرفولوژی آن بسیار انعطاف‌پذیر بوده و با توجه به شرایط محیطی و زراعی می‌تواند متفاوت باشد (Henderson *et al.,* 2000).

کاسینی و روکا (Casini and La Rocca, 2014) نشان دادند که با افزایش تراکم بوته در تاج خروس، ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی و تعداد شاخه‌های فرعی کاهش یافت. از این رو تراکم بوته یکی از عوامل مهم موثر بر رشد، عملکرد و عملکرد وابسته به خصوصیات گیاه است (Kumar and Yassin, 2013). افزایش تراکم بوته در تاج خروس موجب تسهیل در برداشت مکانیکی آن می‌شود زیرا گیاهان دارای شاخه‌های کمتر و ساقه نازک‌تری خواهند شد (Gimplinger *et al*., 2008).

در آزمایشی بر روی تاج خروس‌علوفه‌ای در نیجریه گزارش شد که آرایش کاشت ۱۰ × ۱۰ و ۱۵ × ۱۵ بیشترین وزن ساقه در بوته، آرایش کاشت ۲۰ × ۲۰ بیشترین قطر و ارتفاع ساقه و آرایش کاشت ۲۵ × ۲۵ بیشترین قطر ساقه را تولید نمودند. بر اساس نتایج این آزمایش آرایش کاشت ۲۰ × ۲۰ به عنوان تیمار برتر از نظر تولید عملکرد علوفه معرفی شد (Oluwaseun, 2012)

در تحقیقی دیگر که در استرالیا انجام شد، اثر سه تراکم بوته (۸، ۱۷ و ۳۵ بوته در متر مربع) بر روی سه رقم تاج‌خروس انجام شد و گزارش دادند که با افزایش تراکم کاشت قطر ساقه کاهش یافت (Gimplinger *et al.,* 2007). در تحقیقی دیگر نیز تراکم ۴ تا ۲۰۰ بوته در مترمربع در شرایط خشک نبراسکا مقایسه و حداکثر عملکرد از تراکم ۴۷ بوته در متر مربع گزارش گردید (Guillen-Portal *et al.,* 1999). افزایش فاصله بین ردیف‌های کاشت از ۲۰ به ۳۸ و ۷۶ سانتیمتر سبب افزایش عملکرد تاج‌خروس گردید (O’Brien and Price, 2008).

آینه‌بند و همکاران (Ayenehband *et al.,* 2007) در بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد کمی و کیفی ارقام گیاه زراعی جدید تاج‌خروس

علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی اهواز نشان دادند که رقم مرکادو با تولید ۳۱/۱ تن در هکتار علوفه خشک بالاترین عملکرد را در دومین تاریخ کاشت (۱۵ تیر) به خود اختصاص داد. از لحاظ درصد پروتئین (۱۴/۸۵ درصد) و الیاف خام (۲۱/۶ درصد) رقم آمونت در تاریخ کاشت سوم (اول مرداد) بالاترین مقادیر را داشت.

در آزمایشی در شرایط آب و هوایی کرج خصوصیات کمی و کیفی سه رقم تاج خروس علوفه‌ای (خارکفسکی، لورا و سیم) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که وزن بوته تازه در رقم لورا (۱۲۴۸/۵ گرم) بالاتر از دو رقم دیگر بود. همچنین ارتفاع بوته، قطر ساقه و نسبت برگ به ساقه در رقم خارکفسکی بالاتر از ارقام سیم و لورا بود. تولید علوفه تر و خشک در رقم لورا به ترتیب ۹۳/۶ و ۱۶/۴ تن در هکتار بود که از بقیه ارقام بیشتر بود. درصد پروتئین خام در ارقام خارکفسکی، سیم و لورا به ترتیب ۱۱/۵، ۱۱/۸ و ۱۲ درصد بود (Safaei *et al.,* 2018).

در مطالعه‌ای دیگر که برای بررسی تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد علوفه تاج خروس زراعی در شرایط آب و هوایی تهران انجام شد، نشان داده شد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۰ سانتیمتر) در تاریخ کاشت اول از تراکم ۳۰ بوته در متر مربع به دست آمد. تاریخ کاشت اول با تراکم ۲۵ بوته در متر مربع با ۲۹۰۷ برگ در متر مربع بیشترین تعداد برگ را تولید کرد. همچنین تاریخ کاشت اول با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع قطورترین ساقه (۲۴/۶ میلی‌متر) و بیشترین علوفه خشک (۱۰/۵ تن در هکتار) را تولید کرد (Fallah Mehrabadi *et al.,* 2015).

تاج‌خروس یکی از گیاهانی است که به تازگی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در شهرستان گرگان نیز کشت تاج‌خروس علوفه‌ای رواج ندارد و اطلاعات به‌زراعی کشت تاج‌خروس از جمله آرایش کاشت و تراکم بوته مناسب در دسترس نیست. بنابراین این پژوهش برای بررسی اثر آرایش کاشت مناسب، بر عملکرد علوفه و پروتئین تاج خروس علوفه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی‌محله) واقع در پنج کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی در دو سال (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) انجام شد. ارتفاع محل اجرای آزمایش از سطح دریا پنج متر و میانگین بارندگی سالانه ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد. شرایط آب و هوای محل اجرای آزمایش در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در جدول ۱ ارئه شده است.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و تعیین میزان کود مصرفی قبل از اجرای آزمایش از سه عمق

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در فصل های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

Table 2. Meteorological information of Gorgan agricultural research station during 2017 and 2018 growing seasons

	مجموع ساعات آفتابی Sunny hours			مجموع بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)			میانگین دمای بیشینه (درجه سانتیگراد) Average maximum temperature(◦C)			میانگین دمای کمینه (درجه سانتیگراد) Average minimum temperature (◦C)		
Month	2017	2018	15 years	2017	2018	15 years	2017	2018	15 year	2017	2018	15 years
May	275	221	219	25.0	23.5	47.2	27.5	27.1	26.6	14.3	14.1	13.9
June	283	267	265	0.0	10.5	35.7	32.6	31.8	29.9	18.2	19.7	18.5
July	295	272	281	5.0	23.4	52.1	34.4	38.0	34.3	22.5	24.0	23.6
August	333	292	305	0.0	23.1	43.3	37.3	35.1	35.8	23.7	25.4	24.6
September	241	236	245	20.3	9.2	49.3	31.4	33.1	30.4	21.3	20.4	20.0

۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتیمتری خاک نمونه‌برداری شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۲ ارایه شده است. بافت خاک در هر دو سال اجرای آزمایش در عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری به ترتیب لوم سیلتی و لوم رسی سیلتی بود (جدول ۲).

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول فاصله بین ردیف‌های کاشت (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتیمتر) و فاکتور دوم فاصله بوته‌ها روی ردیف در شش سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتیمتر) بود. هر کرت آزمایشی در چهار ردیف به طول شش متر کشت شد. فاصله بین تکرارها سه متر و بین کرت‌ها در هر تکرار نیز یک متر (فاصله) به منظورکم کردن اثر سایه اندازی و انجام عملیات داشت و یادداشت‌برداری منظور گردید. از زمان کاشت تا برداشت ضمن عملیات زراعی، یادداشت‌برداری های لازم در مراحل مختلف رشد و نمو انجام شد. در این آزمایش از رقم علوفه‌ای سیم (Cim) استفاده شد. این رقم که توسط وزارت جهاد کشاورزی وارد کشور شده است.

کود مصرفی بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه آزمایشگاه خاک و آب شامل کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع سوپر فسفات تریپل، کود نیتروژن (۶۹ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره (۲۳ کیلوگرم به عنوان پایه و ۴۶ کیلوگرم به عنوان سرک در دو مرحله شش برگی و ۱۰ برگی مصرف گردید)، کاشت آزمایش در هر دو سال سی‌ام اردیبهشت و به‌صورت دستی انجام شد و برای رسیدن به تراکم‌های مورد نظر، تنک کردن بوته‌ها در مرحله ۴-۳ برگی صورت گرفت.

در این آزمایش آبیاری اول و دوم به روش بارانی (جهت سبزشدن یکنواخت آزمایش و تا مرحله ۳-۴ برگی) بود در مراحل بعدی رشد آبیاری بر مبنای تخلیه ۶۰-۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک به روش نشتی و هر هفته یکبار انجام شد.

برداشت در مرحله ۵۰ درصد گلدهی با رعایت حذف اثر حاشیه‌ای و از ارتفاع ۱۰ سانتیمتری سطح زمین انجام شد. برای اندازه‌گیری خصوصیات زراعی و صفات مورد نظر ۱۰ بوته به طور تصادفی در هرکرت انتخاب شد. همه تیمارها ۶۰ روز پس از کاشت در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی بودند و برداشت شدند (Safaei *et al.,* 2018). این گیاه در شرایط آب و هوایی گرگان توانایی رشد مجدد نداشت. در تیمارهای مختلف مورد بررسی نیز تفاوت قابل ملاحظه ای از لحاظ تعداد روز تا گلدهی و برداشت مشاهده نگردید. برداشت نهایی بعد از حذف حاشیه‌ها و در همه کرت‌ها بطور یکسان و از سطح هشت مترمربع انجام شد. اندازه‌گیری ها شامل صفات ارتفاع بوته، وزن برگ، وزن ساقه و عملکرد کل (وزن خشک کل گیاه) بود.

در زمان برداشت، نمونه‌های یک کیلوگرمی

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical soil properties of experimental site

		Depth (cm) عمق (سانتیمتر)			
		2017		2018	
Soil properties	ویژگی‌های خاک	0-30	30-60	0-30	30-60
pH	اسیدیته	7.3	7.30	7.7	7.6
EC (dS m^{-1})	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	1.27	1.42	1.35	1.28
Organic carbon (%)	کربن آلی (٪)	1.10	0.60	1.30	1.10
Total nitrogen (%)	نیتروژن کل (٪)	0.11	0.06	0.15	0.10
Available Phosphorus (ppm)	فسفر قابل دسترس (قسمت در میلیون)	4.8	2.0	8.6	6.8
Available potassium (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (قسمت در میلیون)	220	108	333	290
Bulk density (g cm^{-3})	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	1.41	1.40	1.42	1.38
Water content	محتوای آب خاک				
Saturation point (%) (θ_m)	نقطه اشباع (درصد حجمی)	52.20	51.90	49.90	53.40
Field capacity (%) (θ_m)	ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	27.00	6.27	27.70	6.33
Permanent wilting point (%) (θ_m)	نقطه پژمردگی (درصد حجمی)	12.30	9.80	13.10	8.80

از بـرگ و سـاقه از تیمارهـای برداشـت شـده در آون بـا دمـای ۶۵ درجـه سـانتیگراد بـه مـدت ۷۲ سـاعت قـرار گرفـت. وقتـی کـه وزن خشـک نمونه‌ها در دو تـوزین متـوالی یکسـان شـد، مـاده خشـک انـدام‌هـا (بـرگ و سـاقه) ثبـت شـد و بـا توجه به وزن هر کدام از انـدام‌هـا عملکـرد مـاده خشـک محاسـبه گردیـد. نمونـه خشـک تـوزین شده به آزمایشگاه منتقل شـد تـا درصـد پـروتئین آن نیز تعیین گردد.

تجزیه واریانس داده‌ها با نـرم افـزار آمـاری SAS و مقایسه میـانگین‌هـا بـا آزمـون تـوکی (Tukey) انجام شد. نتایج کـای اسـکویر حاصـل ازآزمـون بارتلـت بـرای اطمینـان از همگنـی واریـانس یکنواختی خطاهای آزمایشی غیرمعنـی‌دار شـد و امکان تجزیه واریانس مرکب را فراهم آورد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشـان داد کـه اثر فاصله بوته‌ها روی ردیف و اثر متقابـل فاصـله بین ردیف‌ها × فاصله بـین بوتـه‌هـا بـر روی همـه صفات مـورد بررسـی (ارتفـاع بوتـه، قطـر سـاقه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تـر سـاقه، وزن خشک ساقه، عملکـرد علوفـه تـر، عملکـرد علوفه خشک، نسبت بـرگ بـه سـاقه و عملکـرد پـروتئین) معنـی‌دار بـود (جـدول ۳). فاصـله بـین ردیف‌ها بر همه صفات بـه جـز نسـبت بـرگ بـه ساقه معنـی‌دار بـود (جـدول ۳). همچنـین تجزیـه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سـال بـر کلیه صفات مـورد بررسـی بـه جـز وزن تـر سـاقه معنـــی‌دار بـــود و ســـال اول نســـبت بـــه ســـال دوم موجـب افـزایش معنـی‌دار در صـفات مـورد اندازه‌گیری به جز قطر ساقه شـد (جـدول ۴). بـه نظر می‌رسد افزایش ساعات آفتـابی در سـال اول اجـرای آزمـایش (۱۳۹۶) یکـی از دلایـل ایـن موضـوع باشـد (جـدول ۱). البتـه کـاهش میـزان بـارش در سـال اول اجـرای آزمـایش (۱۳۹۶) بـا

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر فاصله بین ردیف و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف بر صفات مرفوفیزیولوژیکی تاج خروس علوفه ای در فصل های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Table 3. Combined analysis of variance of row spacing and inter plant spacing on morpho-physiological traits of forage amaranth in 2017 and 2018 growing seasons

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن کل ماده خشک Total dry Matter weight	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	نسبت برگ به ساقه Leaf: stem ratio	عملکرد پروتئین Protein yield
Year (Y)	سال	1	3651.70**	92.59**	132514594**	2070852**	83404798	8019130**	18229496**	426179737**	0.062**	346142**
Replication (Y)	تکرار (سال)	4	48.70	17.15	2626388	137056	23664601	377314	907305	39805799	0.001	12201
Row spacing (A)	فاصله بین ردیف	2	2924.20**	126.01**	131568812**	3326162**	1150088728**	9051081**	23140889**	2067988364**	0.002	328735*
Y × A	سال × فاصله بین ردیف	2	0.06	0.009	495852	1665	510756	10411	19046	84784	0.000	2849
Inter plant spacing (B)	فاصله بین بوته‌ها روی ردیف	5	2961.90**	66.90**	337244935**	11159521**	1186535170**	9747095**	41330618**	13859905031**	0.046**	599142**
Y × B	سال × فاصله بین بوته ها روی ردیف	5	3.60	0.215	1325447	23030	359460	14770	69981	756237	0.000	1628
A× B	فاصله بین ردیف × فاصله بین بوته‌ها روی ردیف	10	118.98*	7.90**	5291772	186561	95213616**	822189**	1364061	126604340**	0.005**	18807
Y × A × B	سال × فاصله بین ردیف × فاصله بین بوته‌ها روی ردیف	10	3.70	0.10	37048	2129	231828	2721	5996	144194	0.000	593
Error	اشتباه آزمایشی	68	50.20	2.48	4161584	144114	25542306	301187	766434	47472340	0.057	10859
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)	--	4.8	6.57	17.78	20.03	14.67	14.29	15.26	15	8.87	15.84

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

*و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک در صد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سال و اثر متقابل فاصله بین ردیف × فاصله بین بوته‌ها روی ردیف بر صفات مرفوفیزیولوژیک آمارانت علوفه ای

Table 4. Mean comparison of year and row spacing × inter plant spacing interaction effects on morpho- physiological characteristics of forage amaranth

		ارتفاع بوته (سانتیمتر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی متر) Stem diameter (mm)	وزن تر برگ (تن در هکتار) Leaf fresh weight (t ha^{-1})	وزن خشک برگ (تن در هکتار) Leaf dry weight (t ha^{-1})	وزن تر ساقه (تن در هکتار) Stem fresh weight (t ha^{-1})	وزن خشک ساقه (تن در هکتار) Stem dry weight (t ha^{-1})	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t ha^{-1})	وزن کل ماده خشک (تن در هکتار) Total dry matter weight (t ha^{-1})	نسبت برگ به ساقه (درصد) Leaf: stem ratio (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (kg. ha^{-1})
							Year سال				
	2017	152.9 a	19.2 b	12.6a	2.3a	35.3a	4.1 a	47.9 a	6.1 a	0.35 a	714a
	2018	141.3 b	21.1 a	10.36b	1.8b	35.2a	3.7b	43.9 b	5.3 b	0.3 b	601b
				Row spacing × Inter plant spacing (cm)			فاصله بین ردیف ها × فاصله بوته ها روی ردیف (سانتیمتر)				
30	05	175.0 a	16.8j	18.6a	3.04a	47.7a	50.1a	66.5a	8.05a	0.39ab	956a
	10	160.3bc	18.2i	17.7b	2.9a	50.0a	52.6a	67.8a	8.2a	0.36cde	947a
	15	154.6de	18.7gh	13.4d	2.2b	41.02b	43.1b	54.5b	6.5b	0.40efg	748c
	20	155.3e	18.7fg	11.8g	1.9c	37.0c	38.8c	48.8c	5.82c	0.33fgh	674de
	25	153.7fg	19.0efg	10.7i	1.7d	35.6d	41.0d	46.3d	5.85e	0.32hi	670e
	30	141.8fg	20.0ef	8.08k	1.2hi	31.7e	36.5f	39.7f	4.88g	0.37cde	558fg
45	05	166.3b	17.6i	18.8a	3.2a	46.9a	49.3a	65.6a	8.2a	0.40a	964a
	10	153.0 e	19.0 gh	13.3f	2.4fg	33.2g	38.3f	46.6d	6.3d	0.36cde	734cd
	15	142.2 f	21.6ef	11.4h	1.9f	33.9f	39.0e	45.3e	5.83e	0.28def	675de
	20	128.2fg	23.6e	10.8i	1.7j	29.0j	33.4i	39.9f	5.1f	0.33 bc	558f
	25	141g	22.0d	7.2m	1.1i	30.4i	35.1h	37.7g	4.6h	0.23l	507gh
	30	142.8g	19.6d	6.7n	1.03k	27.4k	31.6j	34.2h	4.2i	0.25kl	461h
60	05	162.0cd	17.7hi	16.6c	2.9a	46.4a	48.8a	63.0a	7.7a	0.35cd	896b
	10	146.5e	19.5fg	13.6e	2.3d	37.5d	41.5 d	51.1b	6.3c	0.33c	749c
	15	144bfg	19.3d	8.9j	1.4gh	32.2gh	37.0fg	41.1f	5.07fg	0.30ij	561fg
	20	121.2h	25.0c	7.6l	1.2l	22.8l	28.5k	30.4k	4.1i	0.30def	471h
	25	140.3i	21.3b	5.7o	0.9m	18.9m	23.6l	24.6l	3.2j	0.25ghi	363i
	30	120.7 i	25.8a	4.9p	0.7m	18.2m	22.8l	23.2 m	3k	0.27jk	335i

میانگین هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که داری حداقل یک حرف مشترک می باشند برا اساس آموزن توکی در سطح احتمال پنج درصد متفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each columns and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test

آبیاری جبران گردید.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر فاصله بین ردیف‌های کاشت (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتیمتر) بیشترین ارتفاع بوته وقتی به دست آمد که فاصله بین بوته‌ها روی ردیف پنج سانتیمتر بود و همگام با افزایش فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ارتفاع بوته کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب از آرایش کاشت‌های ۳۰ ×۵ سانتیمتر و ۶۰ × ۳۰ سانتیمتر در هکتار به دست آمد (جدول ۴).

افزایش ارتفاع بوته همزمان با افزایش تراکم بوته مربوط به پدیده تاریک‌گرایی و افزایش بیوسنتز اکسین در شرایط سایه است و آن را راهکاری برای افزایش عملکرد و زیست توده گیاهان زراعی دانسته اند (Moadab Shabestari and Mojtahedi, 1990). برخی پژوهشگران دریافتند که افزایش تراکم بوته به میزان بسیار زیاد (بیش از ۱۰۰ هزار بوته) نیز همانند کاهش تراکم بوته به زیر سطح مطلوب، کاهش معنی دار ماده خشک را در پی دارد (Kumar and Yassin, 2013).

با کاهش فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، قطر ساقه کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین قطر ساقه (۲۵/۸ ملیمتر) از آرایش کاشت ۶۰ × ۳۰ سانتیمتر به میزان ۲۵/۸ میلی‌متر به دست آمد. و همگام با افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه کاهش یافت (جدول ۴). پژوهشگران دیگر نیز کاهش قطر ساقه در اثر افزایش ارتفاع بوته را گزارش نمودند (Azari Nasrabad and Bazari, 2004; Moaveni and Heydari, 2006; Saberi *et al.*, 2014).

افزایش جمعیت گیاهی منجر به کوتاه شدن گل آذین اصلی و کاهش قطر ساقه می‌گردد (Gimplinger *et al.,* 2008). از طرفی کاهش قطر ساقه در تراکم بالا به دلیل افزایش رقابت بین بوته ها است که طی آن گیاهان برای جذب نور بیشتر بر ارتفاع ساقه خود می‌افزایند و با توجه به محدودیت مواد فتوسنتزی تولیدی افزایش ارتفاع ساقه در تراکم‌های بالا با کاهش قطر ساقه همراه می شود (Khalili Mohelleh *et al.,* 2007).

بیشترین نسبت برگ به ساقه در آرایش کاشت‌های ۳۰ × ۵ سانتیمتر و ۴۵ × ۵ سانتیمتر بدست آمد (جدول ۴). همچنین با افزایش فاصله بین بوته روی ردیف در هر سه فاصله بین ردیف‌های کاشت (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتیمتر)، نسبت برگ به ساقه به نحو محسوسی کاهش یافت (جدول ۴). روند کلی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که نسبت برگ به ساقه با افزایش فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت کاهش یافت ولی نوسانات جزیی آن تحت تأثیر آرایش کاشت قرار گرفت. به طوری که آرایش کاشت ۳۰ × ۳۰ (تراکم ۱۱/۱ بوته در مترمربع) با آرایش کاشت ۱۰ × ۴۵ و ۱۰ × ۳۰ (به ترتیب تراکم ۲۲/۲ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع) تفاوت معنی دار نداشتند (جدول ۴).

استنباط می شود که وزن ساقه بیشتر از بـرگ تحت تأثیر رقابت بین بوتـه هـا قـرار مـی‌گیـرد و بـا افـزایش تـراکم بوتـه، کـاهش وزن سـاقه شـدیدتر از کـاهش وزن بـرگ خواهـد بـود. پورفریـد و همکـاران (Pourfarid *et al.*,2014) گزارش کردند که تراکم بوته اثر معنـی‌داری بـر نسبت بـرگ بـه سـاقه داشـت، بـه طـوری کـه بـا افـزایش تـراکم گیـاهی، نسـبت بـرگ بـه سـاقه کاهش یافت. در مطالعه‌ای دیگر نشـان داده شـد که با افزایش تـراکم بوتـه از ۵۰۰۰۰ بـه ۱۴۰۰۰۰ بوته در هکتار، تعداد بـرگ‌هـای ذرت علوفـه‌ای کـاهش یافـت (Mousavi *et al.,* 2012). ایـن کاهش می‌تواند به دلیل افزایش رقابت بـین بوتـه ها برای دریافـت نـور، آب، مـواد غـذایی و فضـا باشد (Maseko *et al,* 2015).

از آنجـایی کـه مبنـای خریـدوفروش علوفـه در کشور مـا بـر مبنـای وزن تـر مـی‌باشـد داده هـای مربوط به این صفت نیز تجزیـه واریـانس گردیـد و مقایسه میانگین‌هـا مـورد بحـث و بررسـی قـرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از برش دهـی اثـر متقابـل مشـخص شـد کـه عملکـرد علوفـه تـر، وزن خشـک علوفـه، وزن خشـک بـرگ و وزن خشـک سـاقه بـا افـزایش فاصـله بوتـه‌هـا روی ردیـف‌هـای کاشـت و در هـر سـه فاصـله بین ردیف‌هـای کاشـت (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سـانتیمتر) کـاهش یافـت (جـدول۴). از نظـر تولیـد علوفه خشک بین آرایـش کاشـت‌هـای ۳۰ × ۳۰، ۵ × ۴۵، ۱۰× ۵ و ۶۰ × ۵ سـانتیمتر (بـه ترتیـب تـراکم ۶۶/۷، ۳۳/۳، ۴۴/۴ و ۳۳/۳ بوتـه در مترمربـع) تفـاوت معنـی‌داری وجـود نداشـت (جدول ۴).

برای افزایش عملکـرد علوفـه تـر در صـورتی که فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتیمتر باشـد، فاصـله بین بوتـه‌هـا روی ردیـف بایسـتی ۱۰-۵ سـانتیمتر و در صـورتی کـه فاصـله بـین ردیـف‌هـا ۴۵ و ۶۰ سـانتیمتر باشـد فاصـله بـین بوتـه‌هـا روی ردیف بایستی پنج سـانتیمتر در نظـر گرفتـه شـود (جدول ۴). چنـین اسـتنباط مـی شـود کـه توزیـع مناسب بوته در واحد سطح و افزایش رقابت بـین بوته هـا یکـی از دلایـل عمـده افـزایش عملکـرد علوفه در این سه آرایش کاشت بود.

رونـد کلـی میـانگین داده‌هـا نشـان داد کـه همگـام بـا کـاهش تـراکم بوتـه در واحـد سـطح عملکرد علوفه تـر و خشـک کـاهش یافـت ولـی در تـراکم ثابـت و بـا آرایـش کاشـت متفـاوت (بـرای مثـال تـراکم ۲۲/۲ بوتـه در مترمربـع بـا آرایـش کاشـت ۳۰ × ۱۵ و ۴۵ × ۱۰ سـانتیمتر) کـاهش رقابـت در فاصـله بـین ردیـف‌هـای ۴۵ سانتیمتر باعث کاهش عملکرد علوفـه نسـبت به فاصله بین ردیـف‌هـای ۳۰ سـانتیمتر شـد. ایـن رونـد در تـراکم بوتـه‌هـای ۳۳/۳، ۱۶/۷ و ۱۱/۱ بوته در مترمربع نیز مشاهده گردید.

افزایش ارتفاع بوته همگام بـا افـزایش رقابـت بـین بوتـه هـا (در تـراکم ثابـت بوتـه) یکـی از دلایل افزایش عملکرد علوفـه تـر و خشـک بـود (جدول ۴). در مطالعه‌ای افزایش تـراکم بوتـه در تاج خروس از ۵۰۰۰۰ به ۶۶۶۰۰ بوته در هکتـار، تـأثیر معنـی‌داری بـر افـزایش مـاده خشـک

کل نداشت و افزایش تراکم به بیش از ۱۰۰۰۰۰ بوتـه در هکتـار موجـب کـاهش معنـی‌دار مـاده خشـک تولیـدی گردیـد کـه دلیـل آن را کـاهش ارتفـاع، سـطح بـرگ و تعـداد بـرگ در تـراکم‌هـای بیشـتر از ۱۰۰۰۰۰ بوتـه در هکتـار دانستند (Maseko *et al.,* 2015).

در بررسـی اثـر تـراکم بوتـه بـر عملکـرد و اجزای عملکرد تاج خروس در منطقـه علی‌آباد کتول واقع در استان گلسـتان دریافتنـد کـه مـاده خشک ساقه، ماده خشـک بـرگ و وزن خشـک کـل تحـت تـأثیر تـراکم بوتـه قـرار گرفـت. به‌طوری که با افزایش تـراکم بوتـه از ۱۷ بـه ۱۴۰ بوتـه در مترمربـع، وزن خشـک کـل از ۱۰۰۰ بـه ۷۰۰۰ گـرم بـر متـر مربـع رسـید. همچنـین ایشان گزارش کردند که مـاده خشـک بـرگ از ۱۹۰ کیلـوگرم بـر هکتـار در تـراکم ۱۷ بوتـه بـر متـر مربـع تـا ۲۴۱۰ کیلـوگرم بـر هکتـار در تـراکم ۱۴۰ بوتـه در متـر مربـع افـزایش یافـت (Pourfarid *et al.,* 2014).

اسـمیتا پتـل و همکـاران (Smitha Patel *et al*., 2011) بـه ایـن نتیجـه رسیدند که بیشـترین تعـداد بـرگ (۳۵/۵۲ بـرگ در بوته)، سطح برگ (۶۲ سانتیمتر مربع بر گیـاه) و مـاده خشـک کـل (۶۲/۵۵ گـرم بـر بوتـه) در ژنوتیپ های مختلـف تـاج خـروس علوفـه‌ای در فاصله بین ردیـف ۴۵ سـانتیمتر بـه دسـت آمـد و ایـن مقـادیر نسـبت بـه فاصـله بـین ردیـف ۳۰ سانتیمتر بیشتر بود. در مطالعه‌ای دیگر نیـز تـراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار را بـرای حصـول حـداکثر علوفه تولیدی در شرایط گرمسیری گـزارش شـد (Law-ogbomo and Ajayi, 2009).

عملکرد پروتئین علوفه نیـز بـا افـزایش فاصـله بـین بوتـه‌هـا روی ردیـف در هـر سـه فاصـله بین ردیف‌هـای کاشـت کـاهش یافـت. بیشـترین عملکـرد پـروتئین علوفـه وقتـی بـه دسـت آمـد کـه فاصـله بوتـه‌هـا روی ردیـف‌هـای کاشـت پنج سانتیمتر بود (جـدول ۴). مشـاور و همکـاران (Moshaver *et al*., 2015) نیز گزارش کردنـد کـه بیشـترین درصـد پـروتئین علوفـه در تـراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتـار بـه دسـت آمـد و افـزایش تراکم بوتـه بـه ۱۱۰۰۰۰ بوتـه در هکتـار موجـب کاهش درصد پروتئین علوفه شد. آنـان گـزارش دادنـد کـه عملکـرد پـروتئین علوفـه در گیـاه تاج خروس نسـبت بـه سـورگوم و ذرت حـدود ۳۳ درصـد بیشـتر بـود. سـایه‌انـدازی گیاهـان م جاور هم با افزایش تـراکم بوتـه موجـب کـاهش نفـوذ نـور بـه درون کـانوپی گیـاه شـده و آسیمیلاسـیون نیتـروژن را کـاهش مـی دهـد (Graybill *et al*., 1991).

نتیجه‌گیری

از راهکارهـای افـزایش عملکـرد علوفـه تـاج خـروس علوفـه‌ای تحریـک رشـد رویشـی بـا استفاده از رقابت بین بوته ها می‌باشـد. بـر اسـاس نتایج این آزمایش تراکم بوته در واحد سـطح بـه آرایش کاشت بسـتگی دارد. بـه منظـور حصـول بیشینه عملکرد علوفـه تـر و پـروتئین در صـورتی که فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتیمتر باشـد، فاصـله

بوته‌ها روی ردیف بایستی ۵-۱۰ سانتیمتر (تراکم بوته به ترتیب ۶۶/۶ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شود. در صورتی که فاصله بین ردیف‌ها ۴۵ و ۶۰ سانتیمتر باشد فاصله بوته‌ها روی ردیف بایستی پنج سانتیمتر (تراکم بوته به ترتیب ۴۴/۴ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع) باشد. افزایش ارتفاع بوته همگام با افزایش رقابت بین بوته ها در تراکم ثابت بوته نیز یکی از دلایل افزایش عملکرد علوفه تر و خشک بود.

سپاسگزاری

نگارندگان از پشتیبانی مدیریت و کارکنان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و همچنین موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای فراهم آوردن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می کنند.

References

Aynehband, A., Aqasi, V., and Mesgarbashi, M. 2007. Study the different planting date on qualities' and Quantities' yield of forage Amaranth. Iranian Journal of Field Crops Research 2 (5): 221-228 (in Persian).

Ayub, M., Ather Nadeem, M., Tahir, M., Ghafour, A., Zeeshan, A., and Naeem, M. 2010. Comparative studies on the growth, forage yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties under irrigated conditions of Faisalabad. Pakistan Journal of Life and Social Sciences 8 (2): 94-97.

Casini, P., and La Rocca, F. 2014. *Amaranthus cruentus* L. is suitable for cultivation in central Italy: field evaluation and response to plant density. Italian Journal of Agronomy 9 (602): 166-175.

Fallah Mehrabadi, M., Aqaalihkhani, M., and Mokhtas Bidgoli, A. S. 2015. Effect of planting date and plant density on morphological characteristics and yield of forage Amaranth. pp. 118. In: Proceedings of the Second National Conference on Agriculture and Development. Tehran, Iran.

Farshbaf-Jafari, S., Pirzad, A., Tajbakhsh, M., and Ghassemi-Golezani, K. 2014. Effects of water supply and plant density on leaf characteristics of Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). pp. 17-20. In: Proceedings of the International Conference on Sustainable Environment and Agriculture. IACSIT Press, Singapore.

Feyzbakhsh, M. T. 2016. The effect of plant densities on some morphological characteristics, quality and quantity yield of forage sorghum hybrids in Golestan province. Seed and Plant Production Jouranl 32 (2): 223-237 (in Persian).

Fouman, A. 2010. Evaluation of different forage sorghum cultivars [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] through an assessment of morphological, quantitative and qualitative yield traits. Iranian Journal of Field Crop Science 41 (4): 833-840 (in Persian).

Gimplinger, D. M., Auf'm Erley, G. S., Dobos, G., and Kaul H. P. 2008. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. European Journal of Agronomy 28: 119–125.

Graybill, J.S, Cox, W. T., and Otis, D. J. 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date and plant density. Agronomy Journal 85: 559-564.

Henderson, T., Johnson, B., and Schneiter, A. 2000. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 92: 329-336.

Khalili Mohelleh, J., Tajbakhsh, M., Faiaz Moghdam, A., and Siadat, A. 2007. Effects of plant density on quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum in second cropping. Pajouhesh and Sazandegi 75: 59-67 (in Persian).

Kulakow, P. A., and Hauptli, H. 1994. Genetic characterization of grain amaranth. pp. 9-22. In: Paredes-Lopez, O. (ed.) amaranth biology, chemistry and technology. 1st edition. CRC Press Inc.

O'Brien, G. K., and Price, M. L. 2008. Amaranth grain and vegetable types. ECHO Technical Note: 1-15.

Kumar, S. R., and Yassin, G. M. 2013. Influence of different plant density levels on growth and yield of grain Amaranthus (*Amaranthus hypochondriacus* L.). World Journal of Agricultural Sciences 9 (2): 173-177.

Law-Ogbomo, K. E., and Ajayi S. O. 2009. Growth and yield performance of *Amaranthus cruentus* influenced by planting density and poultry manure application. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 37 (1): 195-199.

Maseko, I., Beletse, Y.G., Nogemane, N., du Plooy, C.P., and Mabhaudhi, T., 2015.

Growth, physiology and yield responses of *Amaranthus cruentus*, *Corchorus olitorius* and *Vigna unguiculata* to plant density under drip-irrigated commercial production. South African Journal of Plant and Soil 32: 87–94.

Mehrani, A., and Moghaddam, A. 2014. Amaranth plant. Agricultural Research, Education and Extension Organizatio Publications. 18 pp. (in Persian).

Moadab Shabestari, M., and Mojtahedi, M. 1990. Crop physiology. Publication of Tehran University, Tehran, Iran. 436 pp.

Moaveni, P., and Heydari, Y. 2006. Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. Iranian Journal of Crop Sciences 6 (4): 274-282 (in Persian).

Moshaver E., Emam, Y., Noormohammadi, G., and Heidari Sharifabad, H. 2016. Comparison of yield and some qualitative characteristics of forage corn, sorghum and amaranth in response to density and sowing date in Fars province. Journal of Crop Ecophysiology 10 (1): 103-120 (in Persian).

Pourfarid, A., Kamkar, B., and Akbar, G. A. 2014. The effect of density on yield and some agronomical and physiological traits of amaranth (*Amaranthus* spp). International Journal of Farming and Allied Sciences 3 (12): 1256-1259.

Putnam, D., Oplinger, E., Doll, J., and Schulte, E. 1989. Amaranth. In: alternative field crops manual. Electronic version issue. Extension Service, University of Wisconsin, Madison, WI. 429 pp.

Saberi, A. R., Mosavat, S. A., and Feyzbakhsh, M. T. 2014. Effects of planting arrangement and plant density on yield of forage sorghum. Academic Journal of Applied Sciences 1 (1): 17-20.

Safaei, A, R., Rezaei, M., and Rahnama, A. A. 2018. Comparing the quantitative characteristic and nutritional value of three varieties of amaranth in farm located in Alborze province. Applaied Animal Science Research Journal 20: 31-42.

Sarikhani, SH., and Razmjoo, KH. 2006. Effects of plant density on yield and yield component of three forage sorghum. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 4 (10): 214-255.

Smitha Patel, P. A., Alagundagi, S. C., Mansur, C. P., Kubsad, V. S., Hosamani, S. V., and Megeri, S. N. 2011. Effect of row spacing and seed rate on growth, fodder productivity and economics of Amaranth genotypes. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 24 (5): 651-653.

Stallknecht, G., and Schula-schaeffer, J. 1993. Amaranth rediscovered. pp. 211-218. In: Janick, J., and Simon, J. (eds.) new crops. Wiley, NY. USA.

Stordahl, J., C. Sheaffer., and Dicostanzo, A. 1999. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. Journal of Production Agriculture 12: 249-253.

Williams, J., and Brenner, D. 1995. Grain amaranth. pp. 129-186. In: Williams, J. (ed.) cereal and pseudocereal. Chapman & Hall, London.